DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.2013.01.003

基于决策者风险态度的直觉模糊多属性决策方法*

Multicriteria Decision-making Method based on Risk Attitude under Intuitionistic Fuzzy Environment

牛利利,罗雪鹏,黄 娜

NIU Li-li,LUO Xue-peng,HUANG Na

(**广西大学数学与信息科学学院,广西南宁** 530004)

(School of Mathematics and Information Sciences,Guangxi University,Nanning,Guangxi,530004,China)

摘要:根据直觉模糊多属性决策的特征,引进反应决策者风险态度的风险参数,构造融决策者风险态度、得分函数和精确函数为一体的综合得分函数,并依据综合得分函数得到一种排序直觉模糊数的新方法,再结合直觉模糊加权平均算子提出一种属性值为直觉模糊数的多属性决策方法,并通过算例说明该决策方法的可行性和有效性.

关键词:直觉模糊数 得分函数 多属性决策

中图法分类号:C934 **文献标识码**:A **文章编号**:1005-9164(2013)01-0012-05

Abstract:Based on the feature of intuitionistic fuzzy multiattribute decision-making,a mentality parameter is introduced to mirror decision maker's mentality,and a comprehensive score function is proposed,which unified the decision maker's attitude,score function and accuracy function into an index. Besides,a ranking method for intuitionistic fuzzy numbers is proposed based on the comprehensive score function. Furthermore,a multi-attribute decision method based on intuitionistic fuzzy environment is developed in combining with the intuitionistic fuzzy weighted average operator. Finally,a numerical example is given to illustrate the feasibility and effectiveness of the new method.

Key words:intuitionistic fuzzy numbers,score function,multi-attribute decision-making

模糊集理论[1]自提出来以来就一直受到学者们的关注,随着研究的深入,Atanassov[2]对模糊集进行推广,提出直觉模糊集的概念,并对其运算和性质进行了研究[2~4]. 1993 年,Gau 等[5]定义一种 Vague 集,但是后来,Bustince 等[6]指出 Vague 集实质上就是直觉模糊集. 由于直觉模糊集同时考虑了隶属度、非隶属度和犹豫度这三方面的信息,所以在描述不确定性信息上比模糊集更具灵活性和实用性[7]. 近年来,该理论在模糊多属性决策中的应用研究已经取得了丰硕成果[7~19]. 用直觉模糊数表达不确定信息的多属性决策问题时,直觉模糊数的比较与排序是决策是否合理的一个重要环节. 文献[8]率先定义直觉模糊数的得分函数,并利用其对直觉模糊数进行排序. 文献[9]指出文献[8]利用得分函数排序直觉模糊数存在一些不足,并补充定义直觉模糊数的精确函数. 虽然文献[10,11]联合得分函数与精确函数对直觉模糊数进行排序,但只侧重从客观角度构造得分函数和精确函数,忽略了决策者风险态度对决策结果的影响. 文献[12～17]从不同角度考虑直觉模糊数的犹豫部分对其得分函数的影响,分别提出不同的得分函数用于排序直觉模糊数,但是由于犹豫部分的影响程度难以准确给出,使得利用文献[12～17]的排序方法对直觉模糊数进行排序时,有时出现与实际不符的情形.

一般在不确定性环境下作决策时,决策者的风险态度会直接影响到决策的结果. 文献[8～17]所定义的得分函数都忽略了决策者风险态度的影响,导致决策结果没有体现决策的风险态度. 本文根据直觉模糊多属性决策的特征,综合考虑文献[8,9]定义的直觉

收稿日期:2012-07-30

修回日期:2012-12-03

作者简介:牛利利(1986-),女,硕士研究生,主要从事优化与决策研究。

*广西研究生教育创新计划项目(YCSZ2012011),广西自然科学基金项目(0991029),教育部人文社会科学基金项目(12YJC630080)资助。

模糊数得分函数、精确函数及决策者的风险态度对决策结果的影响，构造综合评分函数用于排序直觉模糊数，进而提出了一种直觉模糊多属性决策方法．

1　直觉模糊数的概念及运算

定义 1.1[2]　设 X 为一个非空集合，则称

$$A=\{(x,\mu_A(x),\nu_A(x))\mid x\in X\}$$

为 X 上的一个直觉模糊集，其中 $\mu_A:X\to[0,1]$，$\nu_A:X\to[0,1]$ 分别为 X 中元素 x 属于 A 的隶属度和非隶属度，并且对任意的 $x\in X$，有 $0\leqslant\mu_A(x)+\nu_A(x)\leqslant 1$. X 上的直觉模糊集全体构成的集合记为 $IFS(X)$. 设 $A\in IFS(X)$，则称 $\pi_A(x)=1-\mu_A(x)-\nu_A(x)$ 为 X 中元素 x 属于 A 的直觉指标[18]，它表示元素 x 属于 A 的不确定程度或犹豫度．显然，当 $\pi_A(x)=0$ 时，直觉模糊集退化为通常的 Zadeh 模糊集．

为方便起见，记 $\alpha=(\mu_\alpha,\nu_\alpha)$ 为直觉模糊数[10]，其中 $\mu_\alpha\in[0,1]$，$\nu_\alpha\in[0,1]$，$\mu_\alpha+\nu_\alpha\leqslant 1$，且设 Θ 为全体直觉模糊数的全体．对于直觉模糊数 $\alpha=(0.6,0.2)$，其物理意义可阐述为：对于某一项方案，有 10 人参加投票，投票结果为 6 人赞成，2 反对，2 人犹豫不决（弃权）．

定义 1.2[7]　设 $\alpha_1=(\mu_{\alpha_1},\nu_{\alpha_1})$，$\alpha_2=(\mu_{\alpha_2},\nu_{\alpha_2})$ 为直觉模糊数，则

(1) $\bar{\alpha}=(v_\alpha,\mu_\alpha)$；

(2) $\alpha_1\oplus\alpha_2=(\mu_{\alpha_1}+\mu_{\alpha_2}-\mu_{\alpha_1}\mu_{\alpha_2},v_{\alpha_1}v_{\alpha_2})$；

(3) $\alpha_1\otimes\alpha_2=(\mu_{\alpha_1}\mu_{\alpha_2},v_{\alpha_1}+v_{\alpha_2}-v_{\alpha_1}v_{\alpha_2})$；

(4) $\lambda\alpha=(1-(1-\mu_\alpha)^\lambda,v_\alpha^\lambda)$，$\lambda>0$；

(5) $\alpha^\lambda=(\mu_\alpha^\lambda,1-(1-v_\alpha)^\lambda)$，$\lambda>0$.

基于直觉模糊数的运算法则，文献[11]给出了直觉模糊数的一个集成算子．

定义 1.3[11]　设 $\alpha_i=(\mu_{\alpha_i},v_{\alpha_i})(i=1,2,\cdots,n)$ 为一组直觉模糊数，且设 $IFWA:\Theta^n\to\Theta$，若

$$IFWA_w(\alpha_1,\alpha_2,\cdots,\alpha_n)=w_1\alpha_1\oplus w_2\alpha_2\oplus\cdots\oplus w_n\alpha_n=(1-\prod_{i=1}^{n}(1-\mu_{\alpha_i})^{w_i},\prod_{i=1}^{n}v_{\alpha_i}^{w_i}),\tag{1.1}$$

则称 $IFWA$ 为直觉模糊加权平均算子，其中 $w=(w_1,w_2,\cdots,w_n)^{\mathrm{T}}$ 为 $\alpha_i(i=1,2,\cdots,n)$ 的权重向量，满足 $w_i\in[0,1]$，$i=1,2,\cdots,n$，$\sum_{i=1}^{n}w_i=1$.

2　基于决策者风险态度的直觉模糊数得分函数及排序方法

2.1　得分函数

对于两个直觉模糊数 $\alpha_1=(\mu_{\alpha_1},\nu_{\alpha_1})$ 和 $\alpha_2=(\mu_{\alpha_2},\nu_{\alpha_2})$，若 $\mu_{\alpha_1}>\mu_{\alpha_2}$，$v_{\alpha_1}<v_{\alpha_2}$，则 $\alpha_1>\alpha_2$；$\alpha_1=\alpha_2$ 当且仅当 $\mu_{\alpha_1}=\mu_{\alpha_2}$，$v_{\alpha_1}=v_{\alpha_2}$.

定义 2.1[8,9]　设 $\alpha=(\mu_\alpha,\nu_\alpha)$ 为一个直觉模糊数，则

$$S(\alpha)=u_\alpha-v_\alpha,\tag{2.1}$$

$$h(\alpha)=u_\alpha+v_\alpha,\tag{2.2}$$

分别称为 α 的得分函数和精确函数．显然 $S(\alpha)\in[-1,1]$，$h(\alpha)\in[0,1]$，且 $S(\alpha)$ 越大，则 α 越优．

定义 2.2[10,11]　设 α_1 和 α_2 为任意两个直觉模糊数，则

(1) 若 $S(\alpha_1)<S(\alpha_2)$，则 $\alpha_1\prec\alpha_2$；

(2) 若 $S(\alpha_1)>S(\alpha_2)$，则 $\alpha_1\succ\alpha_2$；

(3) 若 $S(\alpha_1)=S(\alpha_2)$，则

① 若 $h(\alpha_1)<h(\alpha_2)$，则 $\alpha_1\prec\alpha_2$；

② 若 $h(\alpha_1)>h(\alpha_2)$，则 $\alpha_1\succ\alpha_2$；

③ 若 $h(\alpha_1)=h(\alpha_2)$，则 $\alpha_1=\alpha_2$.

例 1　对于直觉模糊数 $\alpha_1=(0.6,0.3)$，$\alpha_2=(0.5,0.2)$ 和 $\alpha_3=(0.4,0.1)$，由定义 2.1 得 $S(\alpha_1)=S(\alpha_2)=S(\alpha_3)=0.3$，$h(\alpha_1)=0.9$，$h(\alpha_2)=0.7$，$h(\alpha_3)=0.5$，而按定义 2.2 有 $\alpha_1\succ\alpha_2\succ\alpha_3$.

实际上，对于直觉模糊数 $\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3$ 优劣的比较，追求风险者（冒险者）认为 $\alpha_3\succ\alpha_2\succ\alpha_1$，厌恶风险者（保守者）认为 $\alpha_1\succ\alpha_2\succ\alpha_3$. 由定义 2.1 可知描述直觉模糊数不确定程度的犹豫度 $\pi_\alpha=1-h(\alpha)$. 追求风险者不惧怕风险，$\pi_\alpha=1-h(\alpha)$ 对得分起积极作用，而厌恶风险者惧怕风险，$\pi_\alpha=1-h(\alpha)$ 对得分起消极作用．因此，我们给出如下综合得分函数的定义．

定义 2.3　设 $\alpha=(u_\alpha,v_\alpha)$ 为一直觉模糊数，$S(\alpha)$ 和 $h(\alpha)$ 分别为其得分函数和精确函数，则其综合得分函数为

$$S^\lambda(\alpha)=S(\alpha)-(\lambda-\frac{1}{2})\frac{h(\alpha)}{2},\tag{2.3}$$

其中，λ 为风险态度参数，且 $\lambda\in[0,1]$. 当 $\lambda>\frac{1}{2}$ 时决策者为追求风险者；当 $\lambda<\frac{1}{2}$ 时，决策者为厌恶风险者；当 $\lambda=\frac{1}{2}$ 时决策者为风险中立者，此时 $S^\lambda(\alpha)=S(\alpha)$.

2.2　排序方法

定义 2.4　设 α_1 和 α_2 为任意两个直觉模糊数，λ 为风险态度参数（$0\leqslant\lambda\leqslant 1$），则

(1) 若 $S^\lambda(\alpha_1)<S^\lambda(\alpha_2)$，则 $\alpha_1\prec\alpha_2$；

(2) 若 $S^\lambda(\alpha_1)>S^\lambda(\alpha_2)$，则 $\alpha_1\succ\alpha_2$；

(3) 若 $S^\lambda(\alpha_1)=S^\lambda(\alpha_2)$，则 $\alpha_1\sim\alpha_2$.

对于例 1 中的三个直觉模糊数，由(2.3)式计算

得：$S^{\lambda}(\alpha_1)=0.3-0.45(\lambda-\frac{1}{2})$，$S^{\lambda}(\alpha_2)=0.3-0.35(\lambda-\frac{1}{2})$，$S^{\lambda}(\alpha_3)=0.3-0.25(\lambda-\frac{1}{2})$，那么

(1) 当 $\lambda>\frac{1}{2}$ 时，$S^{\lambda}(\alpha_3)>S^{\lambda}(\alpha_2)>S^{\lambda}(\alpha_1)$，从而 $\alpha_3\succ\alpha_2\succ\alpha_1$，与实际的追求风险者的选择一致；

(2) 当 $\lambda<\frac{1}{2}$ 时，$S^{\lambda}(\alpha_1)>S^{\lambda}(\alpha_2)>S^{\lambda}(\alpha_3)$，从而 $\alpha_1\succ\alpha_2\succ\alpha_3$，与实际的厌恶风险者的选择一致；

(3) 当 $\lambda=\frac{1}{2}$ 时，$S^{\lambda}(\alpha_1)=S^{\lambda}(\alpha_2)=S^{\lambda}(\alpha_3)$，从而 $\alpha_1\sim\alpha_2\sim\alpha_3$，与实际的风险中立者的选择一致.

例 2 对于直觉模糊数 $\alpha_4=(0,0.1)$ 和 $\alpha_5=(0,0.9)$，由(2.3)式计算得 $S^{\lambda}(\alpha_4)=-0.075-0.05\lambda$，$S^{\lambda}(\alpha_5)=-0.675-0.45\lambda$，对于任一 $\lambda(0\leqslant\lambda\leqslant1)$ 都有 $\alpha_4\succ\alpha_5$，与实际相符. 采用文献[12]的排序方法对其排序的结果为 $\alpha_4\sim\alpha_5$，无法区分 α_4 和 α_5 的优劣；若采用文献[13,15,16]的排序方法对其排序，结果为 $\alpha_4\prec\alpha_5$，与实际相反.

例 3 对于直觉模糊数 $\alpha_6=(0.3,0.7)$ 和 $\alpha_7=(0.1,0.1)$，采用文献[14]的排序方法对其排序的结果为 $\alpha_6\sim\alpha_7$，无法区分 α_6 和 α_7 的优劣. 由(2.3)式计算得 $S^{\lambda}(\alpha_6)=-0.15-0.5\lambda$，$S^{\lambda}(\alpha_7)=0.05-0.1\lambda$，对于任一 $\lambda(0\leqslant\lambda\leqslant1)$ 都有 $\alpha_6\prec\alpha_7$.

例 4 对于直觉模糊数 $\alpha_8=(0.3,0)$ 和 $\alpha_9=(0.4,0.1)$，由(2.3)式计算得：

$S^{\lambda}(\alpha_8)=0.3-0.15(\lambda-\frac{1}{2})$，$S^{\lambda}(\alpha_9)=0.3-0.25(\lambda-\frac{1}{2})$，所以 $S^{\lambda}(\alpha_8)-S^{\lambda}(\alpha_9)=0.1(\lambda-\frac{1}{2})$，那么

(1) 当 $\lambda>\frac{1}{2}$ 时，$S^{\lambda}(\alpha_8)>S^{\lambda}(\alpha_9)$，即 $\alpha_8\succ\alpha_9$，与实际的追求风险者的选择一致；

(2) 当 $\lambda<\frac{1}{2}$ 时，$S^{\lambda}(\alpha_8)<S^{\lambda}(\alpha_9)$，即 $\alpha_8\prec\alpha_9$，与实际的厌恶风险者的选择一致；

(3) 当 $\lambda=\frac{1}{2}$ 时，$S^{\lambda}(\alpha_8)=S^{\lambda}(\alpha_9)$，即 $\alpha_8\sim\alpha_9$，与实际的风险中立者的选择一致.

而利用文献[17]的排序方法所得的排序结果与本文的排序结果 $\alpha_8\prec\alpha_9$（当 $\lambda<\frac{1}{2}$ 时）相同，属于厌恶风险者的决策结果.

通过上述分析可知，本文的排序方法能够克服文献[10～16]排序方法的某些失效的情形，且新定义的综合得分函数具有如下性质：

定理 2.1 直觉模糊数 $\alpha=(u_\alpha,v_\alpha)$ 的综合得分函数 $S^{\lambda}(\alpha)(\lambda\in[0,1])$ 关于 u_α 是严格单调增加的，关于 v_α 是严格单调减小的.

证明 因为 $S^{\lambda}(\alpha)=S(\alpha)-(\lambda-\frac{1}{2})\frac{h(\alpha)}{2}$，而 $S(\alpha)=u_\alpha-v_\alpha$，$h(\alpha)=u_\alpha+v_\alpha$，所以

$$S^{\lambda}(\alpha)=u_\alpha-v_\alpha-(\lambda-\frac{1}{2})\frac{u_\alpha+v_\alpha}{2},0\leqslant\lambda\leqslant1.$$

从而有

$$\frac{\partial S^{\lambda}(\alpha)}{\partial u_\alpha}=1-\frac{1}{2}(\lambda-\frac{1}{2})>0,$$

$$\frac{\partial S^{\lambda}(\alpha)}{\partial v_\alpha}=-1-\frac{1}{2}(\lambda-\frac{1}{2})<0.$$

因此，$S^{\lambda}(\alpha)$ 关于 u_α 是严格单调增加的，$S^{\lambda}(\alpha)$ 关于 v_α 是严格单调减小的.

推论 2.1 $S^{\lambda}(\alpha)$ 为直觉模糊数 $\alpha=(u_\alpha,v_\alpha)$ 的综合得分函数，$\lambda\in[0,1]$，则

(1) $-1-\frac{1}{2}(\lambda-\frac{1}{2})\leqslant S^{\lambda}(\alpha)\leqslant1-\frac{1}{2}(\lambda-\frac{1}{2})$；

(2) $\alpha=(1,0)\Leftrightarrow S^{\lambda}(\alpha)=1-\frac{1}{2}(\lambda-\frac{1}{2})$；

(3) $\alpha=(0,1)\Leftrightarrow S^{\lambda}(\alpha)=-1-\frac{1}{2}(\lambda-\frac{1}{2})$.

证明 因为 $S^{\lambda}(\alpha)=S(\alpha)-(\lambda-\frac{1}{2})\frac{h(\alpha)}{2}$ 关于 $u_\alpha(0\leqslant u_\alpha\leqslant1)$ 是严格单调增加的，关于 $v_\alpha(0\leqslant v_\alpha\leqslant1)$ 是严格单调减小的，所以，当且仅当 $u_\alpha=1,v_\alpha=0$ 时，$S^{\lambda}(\alpha)$ 达到最大值 $1-\frac{1}{2}(\lambda-\frac{1}{2})$；当且仅当 $u_\alpha=0,v_\alpha=1$ 时，$S^{\lambda}(\alpha)$ 达到最小值 $-1-\frac{1}{2}(\lambda-\frac{1}{2})$.

推论 2.2 设 $\alpha_1=(\mu_{\alpha_1},\nu_{\alpha_1})$ 和 $\alpha_2=(\mu_{\alpha_2},\nu_{\alpha_2})$ 为任意两个直觉模糊数，若 $\mu_{\alpha_1}>\mu_{\alpha_2}$ 且 $\nu_{\alpha_1}<\nu_{\alpha_2}$，则对任意的 $\lambda\in[0,1]$，都有 $S^{\lambda}(\alpha_1)>S^{\lambda}(\alpha_2)$.

证明 由定理 2.1 的证明可知，$S^{\lambda}(\alpha)$ 关于 u_α 是严格单调增加的，关于 v_α 是严格单调减小的，所以，若 $\mu_{\alpha_1}>\mu_{\alpha_2}$，$\nu_{\alpha_1}<\nu_{\alpha_2}$，则 $S^{\lambda}(\alpha_1)>S^{\lambda}(\alpha_2)$.

定理 2.2 设 $\alpha_1=(\mu_{\alpha_1},\nu_{\alpha_1})$ 和 $\alpha_2=(\mu_{\alpha_2},\nu_{\alpha_2})$ 为任意两个直觉模糊数，则 $\alpha_1=\alpha_2$ 的充要条件为对任意的 $\lambda\in[0,1]$，都有 $S^{\lambda}(\alpha_1)=S^{\lambda}(\alpha_2)$.

证明 若 $\alpha_1=\alpha_2$，显然有 $S^{\lambda}(\alpha_1)=S^{\lambda}(\alpha_2)$；若对任意的 $\lambda\in[0,1]$，都有 $S^{\lambda}(\alpha_1)=S^{\lambda}(\alpha_2)$，即

$$u_{\alpha_1}-v_{\alpha_1}-(\lambda-\frac{1}{2})\frac{u_{\alpha_1}+v_{\alpha_1}}{2}=u_{\alpha_2}-v_{\alpha_2}-(\lambda-\frac{1}{2})\frac{u_{\alpha_2}+v_{\alpha_2}}{2},$$

则由 λ 的任意性得 $u_{\alpha_1}-v_{\alpha_1}=u_{\alpha_2}-v_{\alpha_2}$，$\frac{u_{\alpha_1}+v_{\alpha_1}}{2}=$

$\frac{u_{\alpha_2}+v_{\alpha_2}}{2}$，从而有 $u_{\alpha_1}=u_{\alpha_2}, v_{\alpha_1}=v_{\alpha_2}$，即 $\alpha_1=\alpha_2$.

3 基于得分函数的多属性决策方法

对于某一多属性决策问题，设 $A=\{A_1,A_2,\cdots,A_n\}$ 为方案集，$G=\{G_1,G_2,\cdots,G_m\}$ 为属性集，属性权重向量为 $w=(w_1,w_2,\cdots,w_m)^{\mathrm{T}}$，其中 w_j 是属性 G_j 的权重，且 $w_j\geqslant 0$，$\sum_{j=1}^{m}w_j=1$. 方案 A_i 关于属性 G_j 的属性值为直觉模糊数 $\alpha_{ij}=(u_{ij},v_{ij})$，$i=1,2,\cdots,n$；$j=1,2,\cdots,m$，其中 μ_{ij} 表示方案 A_i 满足属性 G_j 的程度，ν_{ij} 表示方案 A_i 不满足属性 G_j 的程度，且 $\mu_{ij}\in[0,1]$，$\nu_{ij}\in[0,1]$，$\mu_{ij}+\nu_{ij}\leqslant 1$.

基于直觉模糊数的得分函数的多属性决策方法的具体步骤如下：

步骤 1　决策者根据实际情况给出直觉模糊决策矩阵 $D=(\alpha_{ij})_{n\times m}$，属性权重向量为 $w=(w_1,w_2,\cdots,w_m)^{\mathrm{T}}$，$w_j\geqslant 0$，$\sum_{j=1}^{m}w_j=1$，及决策者的风险参数 λ，$0\leqslant\lambda\leqslant 1$；

步骤 2　利用(1.1)式，计算方案 A_i 的综合属性值 $\alpha_i=w_1\alpha_{i1}\oplus w_2\alpha_{i2}\oplus\cdots\oplus w_m\alpha_{im}$，$i=1,2,\cdots,n$；

步骤 3　利用(2.3)式，计算方案 $A_i(i=1,2,\cdots,n)$ 的综合属性值 α_i 的综合得分值 $S^{\lambda}(\alpha_i)(i=1,2,\cdots,n)$，并对其进行排序，进而得到最佳方案.

4 实例分析

以文献[19]中湖北省投资区域选择问题为例进行分析，共有 7 个区域可以考虑：(1)A_1-武汉黄冈；(2)A_2-湖北东北；(3)A_3-湖北东南；(4)A_4-汉江；(5)A_5-湖北北部；(6)A_6-湖北西北；(7)A_7-湖北西南. 需要从三方面考虑并作出选择：(1)G_1 生态效益；(2)G_2 经济效益；(3)G_3 社会效益. 属性权重向量为 $w=(0.3,0.4,0.3)^{\mathrm{T}}$. 现对可供选择的七个投资区域做出优劣排序.

步骤 1　决策者根据实际情况给出直觉模糊决策矩阵 $D=(\alpha_{ij})_{7\times 3}$：

$$D=\begin{pmatrix}(0.8,0.1) & (0.9,0.1) & (0.7,0.2)\\(0.7,0.3) & (0.6,0.2) & (0.6,0.3)\\(0.5,0.4) & (0.7,0.3) & (0.6,0.1)\\(0.9,0.1) & (0.7,0.1) & (0.8,0.2)\\(0.6,0.1) & (0.8,0.2) & (0.5,0.1)\\(0.3,0.6) & (0.5,0.4) & (0.4,0.5)\\(0.5,0.2) & (0.4,0.6) & (0.5,0.5)\end{pmatrix},$$

属性权重向量为 $w=(0.3,0.4,0.3)^{\mathrm{T}}$.

步骤 2　利用(1.1)式，求出方案 $A_i(i=1,2,\cdots,7)$ 的综合属性值：

$\alpha_1=(0.8288,0.1231)$，$\alpha_2=(0.6331,0.2551)$，$\alpha_3=(0.6188,0.2352)$，$\alpha_4=(0.8089,0.1231)$，$\alpha_5=(0.6759,0.1320)$，$\alpha_6=(0.4158,0.4830)$，$\alpha_7=(0.4622,0.4086)$.

步骤 3　根据决策者的风险态度，选择风险参数 λ，利用(2.3)式，计算方案 A_i 的综合属性值 α_i 的得分值($i=1,2,\cdots,7$)，进而得到不同风险态度下方案的排序结果(表 1).

通过对 α_1 的数据分析，显然有 $A_1\succ A_4\succ A_5\succ A_i\succ A_7\succ A_6(i=2,3)$，利用本文排序方法所得的排序结果与其一致(无论偏好参数 $\lambda(0\leqslant\lambda\leqslant 1)$ 取何值). 而对于 α_2 和 α_3，不同风险态度的决策者选择的结果不同，追求风险者认为 $\alpha_3\succ\alpha_2$，而厌恶风险者认为 $\alpha_2\succ\alpha_3$，本文排序方法的排序结果与其相一致，而文献[11,12]认为 $\alpha_3\succ\alpha_2$，文献[13～17]认为 $\alpha_2\succ\alpha_3$. 这是因为这些方法没有考虑到决策者的风险态度. 对于方案 A_2 和 A_5，显然应有 $A_5\succ A_2$，而由表 1 结果可知，利用文献[13,15]的排序方法所得的排序结果与实际不符.

表 1　不同排序指标的排序结果对比

Table 1　Comparative results of different ranking methods

方法来源 Methods source	排序方法 Ranking methods		排序结果 Ranking results
Xu Z. S.[11]	$S(\alpha)=u_\alpha-v_\alpha, h(\alpha)=u_\alpha+v_\alpha$		$A_1\succ A_4\succ A_5\succ A_3\succ A_2\succ A_7\succ A_6$
Liu H. W.[12]	$S_L(\alpha)=u_\alpha+u_\alpha(1-u_\alpha-v_\alpha)$		$A_1\succ A_4\succ A_5\succ A_3\succ A_2\succ A_7\succ A_6$
Lin Z. G.[13]	$S_G(\alpha)=2u_\alpha+v_\alpha-1$		$A_1\succ A_4\succ A_2\succ A_5\succ A_3\succ A_7\succ A_6$
Wang J.[14]	$S_J(\alpha)=(3u_\alpha-v_\alpha-1)/2$		$A_1\succ A_4\succ A_5\succ A_2\succ A_3\succ A_7\succ A_6$
Lin L.[15]	$S_W(\alpha)=u_\alpha/2+3(1-\pi_\alpha)/2-1$		$A_1\succ A_4\succ A_2\succ A_3\succ A_6\succ A_5\succ A_7$
Ye J.[16]	$S_Z(\alpha)=u_\alpha(1+\pi_\alpha)-\pi_\alpha^2$		$A_1\succ A_4\succ A_5\succ A_2\succ A_3\succ A_7\succ A_6$
Zhang X. M[17]	$L(\alpha)=\frac{1-v_\alpha}{1+\pi_\alpha}, h(\alpha)=u_\alpha+v_\alpha$		$A_1\succ A_4\succ A_5\succ A_2\succ A_3\succ A_7\succ A_6$
Proposed method	$S^{\lambda}(\alpha)$	$\lambda=0$	$A_1\succ A_4\succ A_5\succ A_2\succ A_3\succ A_7\succ A_6$
		$\lambda=0.5$	$A_1\succ A_4\succ A_5\succ A_3\succ A_2\succ A_7\succ A_6$
		$\lambda=1$	$A_1\succ A_4\succ A_5\succ A_3\succ A_2\succ A_7\succ A_6$

目前，大多数直觉模糊数的得分函数(或排序函数)，都仅考虑到直觉模糊数的隶属度和非隶属度，而没有关注到决策者的风险态度. 本文通过引入风险参数，构造融隶属度、非隶属度和决策者风险态度为一体的偏好得分函数，并提出基于综合得分函数的直觉模糊数排序方法，该排序方法在一定程度上克服现有

排序所存在的某些不足.

参考文献:

[1] Zadeh L A. Fuzzy sets[J]. Information and Control, 1965,8:338-353.

[2] Atanassov K T. Intuitionistic fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems,1986,20(1):87-96.

[3] Atanassov K T. Intuitionistic fuzzy sets[M]. Heidelberg:Springer-Verlag,1999.

[4] Atanassov K T. Two theorems for intuitionistic fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000, 110(3): 267-269.

[5] Gau W L,Buehrer D J. Vague sets[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1993, 23(2): 610-614.

[6] Bustince H,Burillo P. Vague sets are intuitionistic fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems,1996,79(3):403-405.

[7] 徐泽水. 直觉模糊信息集成理论及应用[M]. 北京:科学出版社,2008.

[8] Chen S M,Tan J M. Handling multi-criteria fuzzy decision-making problems based on vague set theory [J]. Fuzzy Sets and Systems,1994,67(2):163-172.

[9] Hong D H,Choi C H. Multi-criteria fuzzy decision-making problems based on vague set theory[J]. Fuzzy Sets and Systems,2000,114(1): 103-113.

[10] Xu Z S,Yager R R. Some geometric aggregation operators based on intuitionistic fuzzy sets[J]. International Journal of General Systems,2006,35(4): 417-433.

[11] Xu Z S. Intuitionistic fuzzy aggregation operators[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems,2007,15:1179-1187.

[12] Liu H W. Vague set methods of multi-criteria fuzzy decision making[J]. Systems Engineering - Theory and Practice,2004,24:103-109.

[13] Lin Z G,Xu L Z,Wang J Y. Multi-criteria fusion decision-making method based on vague set[J]. Computer Engineering,2005,31:11-13.

[14] Wang J,Zhang J,Liu S Y. A new score function for fuzzy MCDM based on vague set theory[J]. Internationnal Journal of Computational Cognition,2006,4:44-48.

[15] Lin L,Yuan X H,Xia Z Q. Multicriteria fuzzy decision-making methods based on intuitionistic fuzzy sets[J]. Journal of Computer and System Sciences,2007,73:84-88.

[16] Ye J. Using an improved measure function of vague sets for multicriteria fuzzy decision-making[J]. Expert Systems with Applications,2010,37:4706-4709.

[17] Zhang X M,Xu Z S. A new method for ranking intuitionistic fuzzy values and its application in multi-attribute decision making[J]. Fuzzy Optimization and Decision Making,2012,12(2):135-146.

[18] Szmidt E,Kacprzyk J. Distance between intuitionistic fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems,2000,114(3): 505-518.

[19] Wang J Q,Li J J. Multi-criteria fuzzy decision-making method based on cross entropy and score functions[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38: 1032-1038.

(责任编辑:尹 闯)

一转录因子能够抑制细胞迁移

细胞迁移对胚胎发育的组织、器官形成等有重要贡献。干细胞需要在一些特定的转录因子的作用下才能维持其干性,在细胞分化的过程中这些转录因子的表达会被抑制。细胞分化往往也会伴随细胞迁移能力的变化。最近中国科研人员研究发现,在普通培养细胞内异位表达 Nanog、Oct4、Sox2 等干细胞转录因子能够显著抑制细胞的迁移。Nanog 通过下调 Thymosin β4 和 Rnd3 两个蛋白来影响微丝骨架的排布和粘着斑的定位,进而抑制细胞的迁移。Thymosin β4 和 Rnd3 在小鼠的胚胎干细胞分化过程中的表达量与 Nanog 负相关,而在具有多分化潜能的小鼠畸胎瘤 P19 细胞内敲低 Nanog 的表达则能够促进细胞迁移。Nanog 转录因子具有调节干性和迁移能力的双重作用,能够在调控胚胎干细胞干性的同时影响细胞的迁移能力。

(据科学网)